

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number 2000312046 A

(43) Date of publication of application: 07.11.00

(51) Int. Cl. H01S 3/10

(21) Application number: 11120094

(71) Applicant: HITACHI LTD

(22) Date of filing: 27.04.99

(72) Inventor: KIKUCHI NOBUHIKO

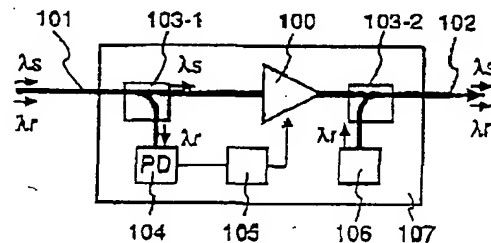
(54) OPTICAL TRANSMISSION APPARATUS, OPTICAL AMPLIFIER, AND OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM

COPYRIGHT (C)2000,JPO

## (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To suppress generation of a inter-wavelength gain deviation of an optical amplifier caused by a change in an optical fiber transmission path loss or the like.

**SOLUTION:** The operation of an optical amplifier 100 is controlled based on a received strength of reference light by a means built in the optical transmission apparatus. For example, an output light (wavelength  $\lambda_r$ ) from a reference light source 106 is transmitted being wavelength-multiplexed with a main signal (wavelength  $\lambda_s$ ). An optical relay 100 controls the optical amplifier 100 on the basis of intensity information of the reference light. Monitor light of the relay 107 can be used also as the reference light. Even when a transmitter of wavelength-multiplex signal becomes faulty or a channel number is changed, the operational state or the input power of the optical relay can be kept constant, and an increase in an inter-wavelength gain difference can be suppressed.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-312046

(P2000-312046A)

(13)公開日 平成12年11月7日(2000.11.7)

(51)Int.Cl.

H01S 3/10

識別記号

FI

H01S 3/10

サーチワード(参考)

Z 5 F 0 7 2

審査請求 未請求 請求項の数20 OL (全 11 頁)

(21)出願番号

特願平11-120094

(22)出願日

平成11年4月27日(1999.4.27)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 菊池 信彦

東京都国分寺市東庭ヶ塚一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 100061893

弁理士 高橋 明夫 (外1名)

Fターム(参考) 5F072 AB09 AK06 HH02 HH08 JJ05

KK30 RR01 YY17

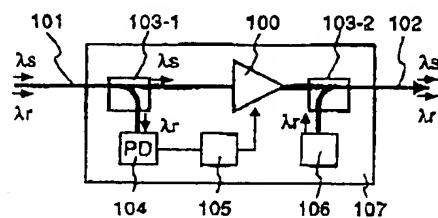
(54)【発明の名称】 光伝送装置、光増幅装置、および光伝送システム

(57)【要約】

【課題】 光ファイバ伝送路損失の変化などによる光増幅器の波長間利得偏差の発生を抑制する。

【解決手段】 参照光の受信強度に基づき光増幅器の動作を、当該光伝送装置に内蔵された手段によって制御する。例えば、参照光光源の出力光(波長 $\lambda_r$ )を主信号(波長 $\lambda_s$ )と波長多重して伝送する。光中継機では参照光の強度情報に基づき、光増幅器を制御する。参照光としては、光中継機の監視光が共用できる。波長多重信号の送信器故障やチャネル数の変化があっても、光増幅中継器の動作状態や入力パワーを一定に保ち、波長間利得差の増大を抑制することが出来る。

図1



(2)

特開2000-312046

1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光入力部と、光増幅部と、複数波長の波長多重光を複数の波長帯域に分岐する手段と、光出力部とを、少なくとも有し、主信号光とは異なる波長を有する光を少なくとも分岐し、この分岐された主信号光とは異なる波長を有する光の強度に基づいて前記光増幅部の利得を所望利得に制御することを特徴とする光伝送装置。

【請求項2】 光入力部と、光増幅部と、複数波長の波長多重光を複数の波長帯域に分岐する手段と、光出力部とを少なくとも有し、前記光入力部より入力された複数波長の波長多重光より少なくとも主信号光とは異なる波長を有する光を分岐し、この分岐された少なくとも主信号光とは異なる波長を有する光の強度に基づいて前記光増幅部の利得を所望利得に制御することを特徴とする光伝送装置。

【請求項3】 光入力部と、光増幅部と、複数波長の波長多重光を複数の波長帯域に分岐する手段と、光出力部とを少なくとも有し、前記光出力部より当該光伝送装置に伝送された少なくとも主信号光とは異なる波長を有する光を分岐し、この分岐された少なくとも主信号光とは異なる波長を有する光の強度に基づいて前記光増幅部の利得を所望利得に制御することを特徴とする光伝送装置。

【請求項4】 前記主信号光が波長の異なる複数の主信号光なることを特徴とする請求項1、2または3項のいずれかに記載の光伝送装置。

【請求項5】 前記少なくとも主信号光とは異なる波長を有する光であって、当該光の光強度に基づいて前記光増幅部の利得を所望利得に制御する為の光は、前記光増幅部の利得帯域外の波長なることを特徴とする請求項1、2、3または4項のいずれかに記載の光伝送装置。

【請求項6】 前記少なくとも主信号光とは異なる波長を有する光であって、当該光の光強度に基づいて前記光増幅部の利得を所望利得に制御する為の光が、当該光伝送装置での主信号以外の信号の転送に用いられる光であることを特徴とする請求項1、2、3、4または5項のいずれかに記載の光伝送装置。

【請求項7】 前記光増幅部は光増幅器に結合され、その光出力の強度を制御可能な手段を少なくとも一つ有し、前記光増幅部の利得を所望利得に制御することが、当該光増幅部が有する光出力の強度を制御可能な手段の光出力強度を制御することによってなされることを特徴とする請求項1、2、3、4、5または6項のいずれかに記載の光伝送装置。

【請求項8】 前記光増幅部は少なくとも光増幅器を一つ有し、当該光増幅部と前記光出力部の間にその光出力の強度を制御可能な手段を少なくとも一つ有し、前記光増幅部の利得を所望利得に制御することが、前記光増幅部が有する光出力の強度を制御可能な手段の光出力レベ

ルを制御することによってなされることを特徴とする請求項1、2、3、4、5または6項のいずれかに記載の光伝送装置。

【請求項9】 光出力の強度を制御可能な手段が前記光増幅器とは別異の第2の光増幅器であることを特徴とする請求項7に記載の光伝送装置。

【請求項10】 光出力の強度を制御可能な手段が光減衰器であることを特徴とする請求項7に記載の光伝送装置。

10 【請求項11】 前記光増幅部は少なくとも第1の光増幅器を一つ有し、当該光増幅部と前記光出力部の間に光出力の強度を制御可能な手段を少なくとも一つ有し、前記光増幅部の利得を所望利得に制御することが、前記光出力の強度を制御可能な手段の光出力を制御してなされることを特徴とする請求項1、2、3、4、5または6項のいずれかに記載の光伝送装置。

【請求項12】 光出力の強度を制御可能な手段が前記光増幅器とは別異の第2の光増幅器であることを特徴とする請求項11に記載の光伝送装置。

20 【請求項13】 光出力の強度を制御可能な手段が光減衰器であることを特徴とする請求項11に記載の光伝送装置。

【請求項14】 前記主信号光とは異なる波長を有する光の送信パワーを一定値に制御することを特徴とした請求項1より13のいずれかに記載の光伝送装置。

30 【請求項15】 前記主信号光とは異なる波長を有する光の送信強度情報をこの主信号光とは異なる波長を有する光の送信側から受信側の光増幅器ないし光伝送装置に通知する、もしくはこの主信号光とは異なる波長を有する光の受信強度情報を該光の受信側から送信側の光増幅器ないし光伝送装置に、通知することを可能ならしめること特徴とした請求項1より14のいずれかに記載の光伝送装置。

【請求項16】 請求項1より15のいずれかに記載の光伝送装置を用いた光ファイバ伝送システム。

【請求項17】 光入力部と、光増幅部と、複数波長の波長多重光を複数の波長帯域に分岐する手段と、光出力部とを、少なくとも有し、主信号光とは異なる波長を有する光を少なくとも分岐し、この分岐された主信号光とは異なる波長を有する光の強度に基づいて前記光増幅部の利得を所望利得に制御することを特徴とする光増幅装置。

【請求項18】 光入力部と、光増幅部と、複数波長の波長多重光を複数の波長帯域に分岐する手段と、光出力部とを、少なくとも有し、主信号光とは異なる波長を有する光を少なくとも分岐し、この分岐された主信号光とは異なる波長を有する光の強度に基づいて前記光増幅部の利得を所望利得に制御する光増幅装置を有することを特徴とする送信機。

50 【請求項19】 光入力部と、光増幅部と、複数波長の

(3)

特開2000-312046

3

4

波長多重光を複数の波長帯域に分岐する手段と、光出力部とを、少なくとも有し、主信号光とは異なる波長を有する光を少なくとも分岐し、この分岐された主信号光とは異なる波長を有する光の強度に基づいて前記光増幅部の利得を所望利得に制御する光増幅装置を有することを特徴とする中継器。

【請求項20】 光入力部と、光増幅部と、複数波長の波長多重光を複数の波長帯域に分岐する手段と、光出力部とを、少なくとも有し、主信号光とは異なる波長を有する光を少なくとも分岐し、この分岐された主信号光とは異なる波長を有する光の強度に基づいて前記光増幅部の利得を所望利得に制御する光増幅装置を有することを特徴とする受信機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本願発明は、光伝送装置に関するものである。更に、本願発明は光増幅装置に関するものである。又、更には、本願発明の光伝送システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 一本の光ファイバ中に波長の異なる複数の光信号を多重して情報伝送を行う波長多重(WDM)光伝送方式は光ファイバ通信の大容量化に極めて有効な手法である。このような光信号の中継/増幅にはEDFA(Erbium-doped Fiber Amplifier)などの光増幅器が用いられる。

【0003】 図2は入力光強度の変化によるEDFAの利得の代表的な例の変化を模式的に示している。また、図3はこのような光増幅器を多段に用いた波長多重の光中継増幅伝送系の代表的な構成例を示している。図3の構成は次の通りである。第1の光伝送端局装置110-1より第2の光伝送端局装置110-2への伝送を行なうもので、この間に2段の光中継機115が挿入されている。そして、光中継機115は少なくとも光増幅器113を内蔵している。尚、114-1、114-2、および114-3は各々光伝送路、より具体的には光ファイバである。尚、図3のスペクトルAは、入力パワーが標準値より小さい時のスペクトル、スペクトルBは入力パワーが標準値より大きい時のスペクトルを例示している。光伝送端局装置110-1には、それぞれ異なる波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の主信号光を出力する複数の光送信器111が配置されている。これらの光信号は波長合波器112で合波されたのち光ファイバ伝送路114-1に入力される。そして、光増幅器113で一括増幅される。

【0004】 一方、図2での曲線1は或る入力パワーでの光増幅器の特性、曲線2は前記入力パワーの標準値より小さい入力パワーの場合の特性、曲線3は前記入力パワーより大きい入力パワーの場合の特性を示している。ある入力パワーに対して一定となるよう制御がなされている光増幅器であり、その利得が、曲線1の通り波長に

対して平坦であっても、入力パワーが変化するとその出力端での利得は変化する。それは、EDFA内の反転分布状態が変化するため、例えば入力パワー小の場合は短波長側の利得が、入力パワー大の場合には長波長側の利得が増加する為である。

【0005】 こうした波長多重光ファイバアンプの人力ダイナミックレンジを拡大する手法は、これまでにいくつか提案されている。その代表的な例は、例えば日本国公開公報、特開平9-211507号公報「光等化増幅器および光等化増幅方法」(文献1)では光増幅器の出力信号レベル偏差を抑制するように、光増幅器への入力レベルを制御する方式が提案されている。図4に例示するのがこの例である。光中継機125では、光増幅器100の出力光の一部を光カプラ121で分離し、波長多重光カプラ122によりそのうち特定の2波長帯域(例えば中心 $\lambda_1$ と $\lambda_n$ など)の光を取り出す。そして、光検出器123(123-1、123-2)で電気信号に変換する。光増幅器100の入力部には可変光減衰器120が挿入されており、制御回路124では上記2つの波長の光信号の強度が同じになるように可変光減衰器120の減衰量を制御する。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 本願発明は、ダイナミックレンジの大きな光伝送装置を提供せんとするものである。本願発明は、更に、光多重通信においても波長依存性の小さな伝送装置を提供せんとするものである。本願発明は、わけても光出力の偏差の極めて小さな伝送装置を提供せんとするものである。

【0007】 光増幅器は、光パワーのレベルによる増幅率の不均一を有しており、光増幅器を用いて波長多重光を増幅する場合、一括増幅されるのが一般的である。そして、また、こうした波長の異なる複数のチャネルの信号を一括増幅する場合、増幅率に波長による依存性を有している。

【0008】 例えば、図3に示すような波長多重の伝送系では光増幅器のダイナミックレンジの不足に伴う光信号のS/N比の劣化や光パワーの偏差を招く。こうした光増幅器を波長多重伝送に用いる際には、入力光強度が変化すると利得の波長依存性が変化するという点が実用上の難点となっている。即ち、言葉を変えると当該光増幅器のダイナミックレンジが狭いことである。

【0009】 即ち、光伝送端局装置110-1には、それぞれ異なる波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の主信号光を出力する光送信器111が配置されている。これらの光信号は波長合波器112で合波されたのち光ファイバ伝送路114-1に入力される。この時点で各波長の光信号は図3のスペクトルAのようにほぼ同じ出力レベルに設定される。しかしながら、各光ファイバ伝送路部114-1,2,3の損失は一定ではないため、光中継機115や光伝送端局装置110-2内に配置された各光増幅器113への人

(4)

特開2000-312046

5

力光強度が変化し、利得の傾きを生じる。この為、伝送後の光信号レベルには図3のスペクトルBのように偏差を生じる。この結果、こうした伝送系では光信号のS/N比の劣化を招いたり、光パワーの偏差が大きくなり光受信器117の入力ダイナミックレンジを逸脱して大きな特性劣化を招くのである。

【0010】上記の特定2波長の光信号を分離の方法以外にも、光アンプの入力部に可変光減衰器を配置し、光増幅器に入力される主信号の全光強度を常に一定にする手法なども提案されている。しかしながらこの手法にも、主信号の波長チャネル数の変化に対応できない、あるいは光増幅器の雑音光の累積などの影響により制御誤差を生じるという難点が見られる。

【0011】

【課題を解決するための手段】本願発明の目的は、ダイナミックレンジの大きな光伝送装置を提供するものである。

【0012】本願発明の別な目的は、光多重通信においても波長依存性の小さな伝送装置を提供するものである。本願発明は、わけても光出力の偏差の極めて小さな伝送装置を提供することが出来る。

【0013】本願発明の更に別な目的は、入力ダイナミックレンジの大きな光増幅装置を提供するものである。

【0014】本願発明の更に別な目的は、光波長多重での入力においても波長依存性の小さな光増幅装置を提供するものである。本願発明は、わけても光出力の偏差の極めて小さな光増幅装置を提供するものである。

【0015】本願発明の更に別な目的は、光多重通信においてもダイナミックレンジの大きな光伝送システムを提供するものである。

【0016】更には、本願発明の目的は、従来の光増幅器制御における上記の諸問題点を解決し、実用的な光増幅器もしくは光伝送装置を提供することにある。前記光伝送装置としてのより具体的な例として、送信機、受信機、光中継機/光伝送端局装置、波長多重伝送装置、もしくはアッド・ドロップ装置などを挙げることが出来る。

【0017】先ず、本願発明の発明思想を説明し、次いで、本願発明の主な諸形態を列挙する。

【0018】本願発明の第1の形態は、光入力部と、光増幅部と、複数波長の波長多重光を複数の波長帯域に分岐する手段と、光出力部とを、少なくとも有し、主信号光とは異なる波長を有する光を少なくとも分岐し、この分岐された主信号光とは異なる波長を有する光の強度レベルに基づいて前記光増幅部の利得を所望利得に制御することを特徴とする光伝送装置である。そして、この形態は、又、当然光増幅装置として用い得るものである。以下に示す本願発明の諸形態も同様に、光伝送装置と共に、当然光増幅装置として機能させることが出来るものである。

6

【0019】こうして、本願発明は、ダイナミックレンジの大きな光伝送装置を提供することが出来る。更に、本願発明は、光多重通信においても波長依存性の小さな伝送装置を提供することが出来る。

【0020】ここで、本願発明では、わけても光増幅部の利得の制御の為に主信号光とは異なる波長を有する光を用いることが肝要である。本願発明は、情報伝送に用いられる主信号光とは異なる波長の光信号である、いわゆる、参照光を主信号光と波長多重伝送し、参照光の受信強度を測定し光増幅器の動作制御を行うことで達成できる。本願発明は主信号が単一の波長の場合にも適用可能であるが、波長の異なる複数の主信号光が波長多重された、光波長多重伝送の際に最も効果的である。

【0021】参照光の波長は原理的にはどの波長でも構わないが、主信号の増幅に用いられる光増幅器の利得帯域外に設定することによって本発明の課題がより効果的に解決できる。さらに、光中継機の監視情報転送に用いられる監視光を、本発明の参照光に共用することによって、例えば、光伝送装置や光増幅装置の構成の複雑さを解消できる。

【0022】例えば、上述の文献1の方式では特定2波長の光信号を分離する必要があるため、波長多重光ブラや光検出器などの余分な部品が必要となる。この為、装置の構成が複雑となる。文献1の方式では、また、波長多重伝送システムでは送信器の故障や該当光チャネルが未使用などの理由により、波長多重光ブラで分離する2つの波長帯域内に常に決まった数の光信号が存在するとは限らない。このため、特定波長やその近辺の光信号の有無により制御に大きな誤差を生じたり、動作不能となる可能性がある。また光増幅器の雑音光の累積などの影響により光強度測定に誤差を生じやすい。これに対して、本願発明では、わけても光増幅部の利得の制御の為に主信号光とは異なる波長を有する光、いわゆる参照光を用い、簡便により有効な効果を得ることが出来るのである。

【0023】また、前述した主信号の下流側の光伝送路の損失測定については、本発明の参照光を主信号光と逆方向に伝送することや、参照光の受信側から送信側に受信強度情報を通知することによって達成される。この際、該参照光の検出ができない場合に、該光信号受信側の光増幅器の出力を遮断することによってさらに本発明の効果を高めることができる。

【0024】例えば、一般に主信号の光強度やスペクトル情報を利用する方式では、光中継機から見て主信号の上流側の光損失や光スペクトル情報しか知ることができない。このため光中継機の光出力強度は下流側の光伝送路の損失にかかわらず最大損失に対応した高レベルに設定する必要があり、光ファイバ非線形性の影響により大きな伝送品質劣化が生じる。この光ファイバ非線形性の具体的な例としては、自己位相変調効果、相互位相変調効果

(5)

特開2000-312046

8

7

果、四光波混合効果などを挙げることが出来る。

【0025】本願発明における光増幅部の動作制御は、例えば伝送路の損失に応じて光増幅部への入力レベルや出力レベルを変化させることによって達成できる。このような制御により、例えば光増幅器への入力レベルを一定とし、光伝送路の損失が変化しても波長間利得差の発生が抑制でき、光増幅器の入力ダイナミックレンジを改善できる。具体的には、例えば光増幅器の電流や励起光の強度を変化させることによって上記制御が達成できる。または、前述したように、該光増幅器の前後もしくは内部に配置された別の光増幅器の利得を変化させることによって達成できる。さらに光増幅器の前後もしくは内部に配置された光減衰器の減衰量を変化させることによって達成できる。これ以外の手段、例えば可変光フィルタなどを用いた可変利得透過器などを制御手段としても問題ない。

【0026】さらに、参照光上に有意な情報伝送されている場合、装置設置時、障害回復時、外部からのコマンド送付時などにのみ制御動作を実施することによって、参照光光源の故障などの影響を避けることが可能となり本発明の有効性が増す。また逆に参照光光源や伝送路/光伝送装置などが異常の場合にのみ制御動作を停止することによっても同様である。

【0027】また参照光の送信パワーを一定値に制御することによって、もしくは参照光の出力強度情報を該参照光の送信側から受信側へと、もしくは参照光の受信強度情報を受信側から送信側へと通知することによって、より本発明の制御動作の精度を向上することが可能となる。

【0028】尚、光伝送システムにおいては、当該光増幅部は、ファイバ増幅器が多用されている。わけでも、希土類添加ファイバ増幅器が実用的である。こうしたファイバ増幅器は通例のものを用いて充分である。その他、当該光増幅部として、例えば、半導体光アンプや、光ファイバーの非線形ラマン利得を用いた光増幅器、希土類をガラス基盤などの光導波路に添加した導波路光増幅器などを挙げることが出来る。前記複数波長の波長多重光を複数の波長帯域に分岐する手段は、例えば、通例の光カプラー、波長多重カプラーで十分である。

【0029】一般には、当該技術分野では、前記主信号光とは異なる波長を有する光は参照光と称して設定されている。又、当該光伝送装置より光受信装置への情報を伝達する信号を主信号光と通例技術分野では称する。この主信号光は通例信号情報によって変調されている。一般に、この主信号を伝達する為の諸制御にその他の諸信号が使用され、これらが又各光伝送装置間、あるいは光伝送装置と光受信装置間に伝送されている。尚、これらの用語は本願明細書での以下の説明で同様の趣意である。

【0030】以上の概括説明を基としつつ、以下に本願

発明の諸形態を列挙する。

【0031】本願発明の第2の形態は、光入力部と、光増幅部と、複数波長の波長多重光を複数の波長帯域に分岐する手段と、光出力部とを少なくとも有し、前記光入力部より入力された複数波長の波長多重光より少なくとも主信号光とは異なる波長を有する光を分岐し、この分岐された少なくとも主信号光とは異なる波長を有する光の強度レベルに基づいて前記光増幅部の利得を所望利得に制御することを特徴とする光伝送装置もしくは光増幅装置である。

【0032】本願発明の第3の形態は、光入力部と、光増幅部と、複数波長の波長多重光を複数の波長帯域に分岐する手段と、光出力部とを少なくとも有し、前記光出力部より当該光伝送装置に伝送された少なくとも主信号光とは異なる波長を有する光を分岐し、この分岐された少なくとも主信号光とは異なる波長を有する光の強度レベルに基づいて前記光増幅部の利得を所望利得に制御することを特徴とする光伝送装置もしくは光増幅装置である。

【0033】本願発明の第4の形態は、前記主信号光が波長の異なる複数の主信号光なることを特徴とする前記1、2または3項のいずれかに記載の光伝送装置である。

【0034】本願発明の第5の形態は、前記少なくとも主信号光とは異なる波長を有する光であって、当該光の強度レベルに基づいて前記光増幅部の利得を所望利得に制御する為の光は、前記光増幅部の利得帯域外の波長なることを特徴とする前記1、2、3または4項のいずれかに記載の光伝送装置もしくは光増幅装置である。

【0035】本願発明の第6の形態は、前記少なくとも主信号光とは異なる波長を有する光であって、当該光の強度レベルに基づいて前記光増幅部の利得を所望利得に制御する為の光が、当該光伝送装置での主信号以外の信号の転送に用いられる光であることを特徴とする前記1、2、3、4または5項のいずれかに記載の光伝送装置もしくは光増幅装置である。

【0036】尚、光出力の強度レベルを制御可能な手段としては、例えば、光増幅器自体や別異の光増幅器、光減衰器、あるいは可変利得透過器などを挙げることが出来る。そして、これらの光出力の強度レベルを制御可能な手段は、当該光増幅部の内部に設置する方法、あるいは当該光増幅部と当該光伝送装置の光出力部もしくは光入力部との間に設置する方法も取り得る。

【0037】本願発明の第7の形態は、前記光増幅部は光増幅器に結合され、その光出力の強度レベルを制御可能な手段を少なくとも一つ有し、前記光増幅部の利得を所望利得に制御することが、当該光増幅部が有する光出力のレベルを制御可能な手段の光出力レベルを制御することによってなされることを特徴とする前記1、2、3、4、5または6項のいずれかに記載の光伝送装置も

50



しくは光増幅回路装置である。

【0038】本願発明の第8の形態は、前記光増幅部は少なくとも光増幅器を一つ有し、当該光増幅部と前記光出力部あるいは前記光入力部との間にその光出力の強度レベルを制御可能な手段を少なくとも一つ有し、前記光増幅部の利得を所望利得に制御することが、前記光出力の強度レベルの制御可能な手段の光出力レベルを制御することによってなされることを特徴とする前記1、2、3、4、5または6項のいずれかに記載の光伝送装置もしくは光増幅装置である。

【0039】本願発明の第9の形態は、光出力の強度レベルを制御可能な手段が前記光増幅器とは別異の第2の光増幅器であることを特徴とする前記7項に記載の光伝送装置もしくは光増幅回路装置である。

【0040】本願発明の第10の形態は、光出力の強度レベルを制御可能な手段が光減衰器であることを特徴とする前記第7の形態の光伝送装置もしくは光増幅回路装置である。

【0041】本願発明の第11の形態は、前記光増幅部は少なくとも第1の光増幅器を一つ有し、当該光増幅部と前記光出力部の間に光出力の強度レベルを制御可能な手段を少なくとも一つ有し、前記光増幅部の利得を所望利得に制御することが、前記光出力の強度レベルを制御可能な手段の光出力レベルを制御してなされることを特徴とする前記第1、2、3、4、5または6の形態のいずれかに記載の光伝送装置もしくは光増幅回路装置である。

【0042】本願発明の第12の形態は、光出力の強度レベルを制御可能な手段が前記光増幅器とは別異の第2の光増幅器であることを特徴とする前記第11の形態に記載の光伝送装置もしくは光増幅回路装置である。

【0043】本願発明の第13の形態は、光出力の強度レベルを制御可能な手段が光減衰器であることを特徴とする前記第11の形態に記載の光伝送装置もしくは光増幅回路装置である。

【0044】本願発明の第14の形態は、光出力の強度レベルを制御可能な手段が光減衰器であることを特徴とする前記第11の形態に記載の光伝送装置である。

【0045】本願発明の第15の形態は、前記第1より第14に記載の諸形態において、前記主信号光とは異なる波長を有する光の送信パワーを一定値に制御することを特徴とした光伝送装置もしくは光増幅装置である。主信号光とは異なる波長を有する光のパワーが一定であるので、その受光および受光光強度に基づくその後の動作がよりやり易いものとなる。

【0046】本願発明の第16の形態は、前記第1より第15に記載の諸形態において、主信号光とは異なる波長を有する光の送信強度情報を該参照光の送信側から受信側の光増幅器ないし光伝送装置に通知する、もしくは参照光の受信強度情報を該参照光の受信側から送信側の

光増幅器ないし光伝送装置に、通知することを可能ならしめること特徴とした光伝送装置もしくは光増幅回路装置である。

【0047】本願発明の第17の形態は、前記第1より第15に記載の諸形態の光伝送装置を用いた光ファイバ伝送システムである。

【0048】

【発明の実施の形態】図1は本発明の第1の実施の形態を示す構成図である。この例は本願発明を適用した光中継機の構成を示している。光中継機107には入力光ファイバ101、および出力光ファイバ102が接続されている。本例は主信号光（波長 $\lambda_s$ ）と参照光（波長 $\lambda_r$ ）が同方向に波長多重伝送される例である。

【0049】入力ファイバ101から入力された主信号光と参照光は波長多重光カプラ103-1で波長分離され、主信号光は光増幅器100で増幅される。主信号光は単一波長の情報信号であっても、複数の情報信号が波長多重されていても構わない。参照光は光検出器104で受信される。

【0050】本願発明は、この検出された参照光の強度によって、主信号光の光強度を制御し、当該波長範囲に渡ってフラットな利得を確保できるようにするものである。即ち、制御回路105は参照光の強度情報に基づいて、光増幅器の動作を制御する。検出された参照光の強度が、参照光の強度と主信号光の強度との比に基づき予定された基準の値よりずれておれば、その大小によって、光増幅器100の増幅率を調整し、結果として所望波長範囲に渡ってフラットな利得を確保するのである。

【0051】光増幅器100の出力部では参照光源106から出力された波長 $\lambda_r$ の出力光が再び主信号光に合波されて出力ファイバ102に送出されている。ここで、光増幅器、光検出器等は通例のものを用いて十分である。尚、光増幅器は前述したように、希土類ドープファイバ光増幅器が多用される。信号光の波長が例えば、1.55 $\mu\text{m}$ 帯の場合、たとえばエルビウム・ドープ・ファイバを挙げることが出来る。尚、ファイバ光増幅器の場合、これに対する励起光が必要であるが、以下の説明および図面では、当然の事として、これは省略されている。

【0052】なお、光受信端局に本発明を適用する場合には、出力部分（103-2、106）は必ずしも必要ではない。また、光送信端局に本発明を適用する場合には、端局光出力部に出力部分（103-2、106）のみを設ければ十分である。

【0053】図5は本発明の第2の実施の形態を示す図である。この例は、主信号光と参照光が逆方向に伝搬される光中継機の例である。

【0054】主信号光は単一波長の情報信号であっても、複数の情報信号が波長多重されていても構わない。入力ファイバ101から入力された主信号光（波長 $\lambda_s$

11

s)は光増幅器100によって増幅され、出力ファイバ102に導出される。

【0055】この例では、光増幅器100の増幅率の制御の為に用いる参照光(波長 $\lambda_r$ )は、実施の形態1とは反対に、前記出力ファイバ102側より入射される。そして、この参照光は、光検出器104で受信される。検出された参照光の強度と主信号光の強度の比に基づく基準の値よりずれておれば、その大小によって、光増幅器100の増幅率を制御回路105によって調整し、結果として所望波長範囲に渡ってラットな利得を確保するのである。即ち、光ファイバ増幅器100と出力ファイバ102の間には波長多重カプラ103-1が配置され、主信号光の下流方向から伝送されてきた波長 $\lambda_r$ の参照光を分離し、光検出器104に導いている。先の実施の形態同様、制御回路105は受信した参照光の強度情報に基づいて光増幅器100の動作を制御する。

【0056】更に、本例では、光中継機107には、入力ファイバ101と光増幅器100の間に波長多重カプラ103-2が配置されている。参照光源106の出力光を主信号の上流側へと送出する。この参照光は当該光中継機107の前段の光中継機の為のものである。

【0057】図6は本願発明の第3の実施の形態である。本例は光多中継伝送系の一部を示している。即ち、第1の光伝送装置と第2の光伝送装置の接続関係の例を示すものである。この例は光中継機の接続の例示である。一般に光多中継伝送系はこうした光伝送系が多段に接続されている。

【0058】図6の光中継機108は光中継機(もしくは、例えば光伝送端局装置など)の光出力部の主要部のみを示している。光中継機108の出力部は光中継機107と光ファイバ伝送路114で接続されている。ここでは光中継機での例を示しているが、当該装置は他の装置、例えば光伝送端局装置などでも同じ発明思想を用い得るのである。このように本願発明の光伝送装置は少なくとも一つの光増幅器を有し、光の送出を行なう装置一般を含むものである。言葉を変えればこれら一般の光伝送装置に本願発明は適用できる。

【0059】光中継機108の出力部では、光増幅器100-1の出力光である主信号光(波長 $\lambda_s$ )に参照光源106よりの参照光(波長 $\lambda_r$ )を波長多重し、下流の光中継機107へと送出する。主信号波長( $\lambda_s$ )と参照光波長( $\lambda_r$ )の差が小さければ両者はほぼ同じ損失を受けるため、光中継機107で参照光の光強度を測定すれば光ファイバ伝送路114の損失を正確に測定することが可能となる。主信号光強度を測定する場合と異なり、本方式は主信号の波長数の変化の影響や雑音光の累積の影響を受けることがなく、また光増幅器100-1が一定パワー制御していない場合にも適用することができる。尚、光増幅器の一定パワー制御でない例は、例えば一定利得制御などの場合である。

(7)

特開2000-312046

12

【0060】光中継機107では、光ファイバ114よりの光を波長多重カプラ103-1によって波長 $\lambda_r$ の参照光を分離し、光検出器104に導いている。制御回路105は参照光の光強度情報を受け取る。そして、この情報に基づき、可変光減衰器130を制御し、光増幅器100-2への入力光強度が常に一定値となるようにする。これにより光ファイバ伝送路114の損失がどのように変化しても、光増幅器100-2の動作状態を一定に保ち波長間利得偏差の発生を抑制することが可能となる。

【0061】図12に本第3の実施の形態における制御回路105の具体的な構成の例を示す。本図は当該制御回路をアナログ回路で構成した例である。参照光の強度信号150は、除算回路153に入力され、内部の基準電圧源152に予め設定された電圧で除算され大小を比較される。変換回路154は、除算結果にしたがって可変光減衰器制御信号151を出力する。例えば、除算結果が1のときは、(即ち参照信号の値が設定レベルと等しいときは、)可変減衰器の減衰量がゼロに、また結果が2であれば可変光減衰器130を減衰量を3dBとすることによって、常に光増幅器130に入力される光信号を一定に保つことが可能となる。なお、制御信号の構成は本例に限らない。例えば、A/Dコンバータやデジタル回路、制御プログラムによっても構成することが可能となる。

【0062】なお本例の光中継機107では、波長多重カプラ103-1の直後に可変光減衰器130が配置されているが両者の配置を逆転しても構わない。この場合には、例えば制御回路105では光検出器104で検出される参照光強度が所定の一定値となるように制御を行えば、常に光増幅器100-2への入力光強度が一定となり、本発明の目的を達成することが可能となる。

【0063】更に、本例の光中継機107には、光増幅器100-2と出力ファイバ102との間に波長多重カプラ103-2が配置され、この波長多重カプラ103-2に次段へ参照光を入力する参照光源106を有している。こうして、参照光源106の出力光を主信号の上流側へと送出する。

【0064】なお、参照光の波長としては主信号波長と重複しない波長であれば原則どの波長でも用いることが可能である。例えば、主信号が1530~1560nm波長帯に波長多重されている場合、1530nm以下、1560nm以上のなどの波長を参照光の波長として使用することが可能である。また主信号波長帯域内の特定の光波長を参照光用に割り当てて構わない。参照光を光中継機の監視信号と共用する場合には、1510~1520nm帯などの監視信号用の波長をそのまま使うことが可能である。

【0065】とくに参照光の波長を光増幅器の利得帯域の外に設定することによって、参照光の光強度測定において、光増幅器の放出する自然放出光、および多段中継



13

における自然放光の累積の影響を受けにくくなる。同時に光増幅器が参照光に対して損失媒体として働くため、前段の参照光の漏れ混みによるクロストークを抑える効果がある。

【0066】上記、実施の形態では参照光と主信号の分離に波長多重カプラを用いているが、両者を分離する作用があれば他の光デバイスを用いても構わない。例を挙げれば、例えば、入力光ファイバ101中の光信号の一部を光カプラで分離し、帯域透過光フィルタを用いて参照光の波長成分のみを抽出して光検出器104に導く例が考えられる。さらに、参照信号が主信号と逆方向に伝送されている場合には、光サーキュレータや光カプラを用いて両者を分離することも可能である。

【0067】図7は本発明の第4の実施の形態を示す図である。この例は、図6の例と同様に、光中継伝送系の一部を示すものであるが、参照信号( $\lambda_r$ )と参照光波長( $\lambda_s$ )が主信号光と逆方向に伝送される例を示している。この例も第1の光伝送装置と第2の光伝送装置の接続関係の例を示すもので、光中継機の接続の例示である。そして、光中継機109はその光入力部のみを図示している。又、ここでは光中継機での例を示しているが、図6の例と同様、当該装置は他の装置、例えば光伝送端局装置などでも同じ発明思想を用い得るのである。

【0068】光中継機(もしくは、例えば光伝送端局装置)109の光入力部に参照光光源106が配置され、参照光(波長 $\lambda_r$ )が主信号光(波長 $\lambda_s$ )の上流側の光中継機107へと送信されている。

【0069】この例の光中継機107では、波長多重光カプラ103-1によって参照光波長( $\lambda_r$ )の光を分離し、光検出器104でその光強度を検出する。この値から光ファイバ伝送路114の損失が分かるため、それに合わせて光可変減衰器130の減衰量を可変し、光増幅器100-2への入力光強度が一定となるように制御する。

【0070】本実施の形態でも、可変光減衰器130と波長多重光カプラ103-1の配置位置を逆転することが可能であり、その場合には例えば制御回路105は光検出器104で検出される参照光の光強度が所定の一定値になるように制御を行うことで本発明の目的が達成できる。本実施の形態の場合、主信号の下流側の光ファイバ伝送路114の損失を知ることが可能であるため、伝送路損失小の場合には光出力を低下することが可能であり、光ファイバ非線形効果に起因する信号劣化を最小にすることができる。

【0071】なお、光検出器104で参照光が受信できなくなった場合には、コネクタ131-1、131-2が解放された可能性がある。この際、光増幅器100の励起光を遮断したり、可変光減衰器130の減衰量を大とすることで不要な光出力が光コネクタ端面から外部に放出されるのを防ぐことができる。

(8)

特開2000-312046

14

【0072】図8は本発明の第5の実施の形態であり、可変光減衰器のかわりに光増幅器133の利得を制御した例である。例えば光増幅器133としてフルオライドファイバ光増幅器/半導体光増幅器などの、入力レベルの変化に対して利得の波長依存性の少ない光増幅器を使えば可変光減衰器と同じ効果を得ることができる。これ以外にも、利得や透過特性の波長依存性が可変である光増幅器や光フィルタを制御に用いて、入力レベルの変化による光中継機の波長間利得偏差の発生をキャンセルすることもできる。また、光増幅器の利得を変化させる手段としては励起光源や励起電流を制御するなどの手法が広く適用可能である。尚、図8で他の図と同一符号は同一部材を示すので、その詳細説明は省略する。

【0073】図9は本発明の第6の実施の形態であり、参照光の送信光強度を一定とするため参照光源106に一定強度制御を施した例である。

【0074】本例では参照光源106よりの参照光(波長 $\lambda_r$ )の一部を光カプラ134で分離し、その出力強度を光検出器135で測定する。そして、この光検出器135での検出値が一定値となるように一定強度制御回路136で参照光源106の電流をフィードバック制御している。このような一定光強度制御を行うことにより、光伝送路の損失量の測定精度を向上することが可能となる。尚、光検出器135、一定強度の為の制御回路136等は通例のもので良い。

【0075】図10は本発明の第7の実施の形態である。この例は光中継機での各種データや諸情報を監視し、各種データや諸情報を別々の光伝送装置に通知する機能を有する例である。こうした各種データや諸情報を別々の光伝送装置に通知する機能を有する光伝送装置は知られているが、本例の特徴は、特にこの監視用に用いられる監視光を参照光として利用する例である。

【0076】本例では、これまでの実施の形態の諸例に加えて、さらに監視光/参照光送信器138の出力光強度を光検出器135で測定し、監視情報処理回路139によって監視情報上に書き込まれ監視情報の一部として主信号上流側の光中継機などの光伝送装置に通知する構成を示している。なお監視光を参照光として利用する場合、監視光の光強度を通知する構成を取る必要があるわけではなく、必要がある場合にのみ適当な手法(監視光強度を一定値に制御するなど)を適用すればよい。

【0077】監視情報の伝送形態は、いわゆるSONET(Synchronous Optical Network)信号形式やサブキャリア変調などのような手法であっても構わない。例えば、SONET信号形式では、伝送装置の、デジタル伝送における伝送フレームのオーバーヘッドの情報を格納するメモリ部を有し、このメモリ部の各種データや諸情報を格納している。この格納された各種データや諸情報を必要に応じて他の光伝送装置に伝送する。主信号(波長 $\lambda_s$ )の上流側の光フ

(9)

特開2000-312046

15

16

ファイバ102につながる光伝送装置では、監視情報処理回路139では、監視光／参照光受信器137の受信信号から光中継機の監視や状態制御に必要な情報を抽出すると同時に、下流の光伝送装置より転送されてきた監視光の送信強度情報を抽出する。制御回路105はこの送信強度情報と参照光の受信強度情報から、光伝送路の損失を計算し、可変光減衰器130の減衰量を設定する。これによって参照光の強度を送信側で一定値に制御できない場合でも本発明の適用が容易となる。また監視情報処理回路139は常に有効な監視情報が転送されているかどうかを監視信号のSONETヘッダ情報などから判定することができる。

【0078】なお、監視情報処理回路130は、光増幅器を用いたとき通例多中継伝送装置に用いられている回路である。監視情報とは光中継伝送装置の保守／管理に用いられる情報であり、例えば、光増幅器や光中継伝送装置の故障の有無、光出力強度／主信号の有無などの動作状態、保守／メンテナンス用の音声信号などである。これらの情報は主信号とは別の監視光によって伝送されるのが一般である。監視情報処理装置は、上流の監視光で送られてきたこれらの監視情報を終端し、必要な情報を読み出し／書き込みしたのち下流に送り出す働きをする。

【0079】したがって監視信号が有効な状態においてのみ、制御回路105を動作させることによって、監視／参照光源の故障等の問題が発生した場合でも主信号への影響を最小にとどめることが可能となる。また光ファイバ伝送路の損失量の時間的な変動が小さい場合には、制御回路105は常に動作する必要はなく、装置の設置直後やファイバ断などの障害回復直後にのみ動作するようにすれば十分である。

【0080】なお、監視光／参照光受信器137は監視光と参照光を共用する場合でも必ずしも単一の光受信器である必要はなく、監視信号受信機能を持った光受信器と、光強度を検出する機能を持った光検出器を分離し、光カプラなどによって結合しても問題は生じない。また本実施の形態とは逆に参照光の受信強度を送信側に通知することも可能である。

【0081】図11は本発明の第8の実施の形態であり、本発明を適用した波長多重光伝送システムの構成の例を示している。

【0082】各光伝送端局装置140-1、140-2内の光送受信器は波長多重伝送装置141-1、光ファイバ伝送路114、光中継機142、波長多重伝送装置141-2を介して別地点の光伝送端局140-3、140-4と対向して主信号の情報伝送を行う。各光ファイバ伝送路の両端に配置された波長多重光伝送装置141、光中継機142内にはそれぞれ参照光光源106、光検出器104が配置され、参照光強度によって各光ファイバ伝送路の損失を測定し、その値に応じて光増幅器

103の出力光強度などを制御し、波長多重伝送される主信号光間に波長間利得差の発生を抑制する。本図は光伝送端局を対向配置した構成を示しているが、たとえば光ADMを用いた挿入分離型の光ネットワークなど、どのような構成の場合にも用いることが可能である。また本例は上り／下りの主信号にそれぞれ異なる光ファイバを用いる片方向伝送の構成を示しているが、両者を兼用する双方向伝送システムに本発明を適用することも可能である。この場合には、上り／下りの光ファイバ伝送路の損失が一致するので本発明の参照光光源／参照光検出部も上り／下り回線で兼用が可能である。

【0083】以上、本願発明の諸形態について説明したが、以下にその諸効果をまとめ列挙する。

【0084】本願発明によれば、ダイナミックレンジの大きな光伝送装置を提供することが出来る。更には、本願発明によれば、光多重通信においても伝送特性の良好な、わけても光出力の偏差の極めて小さな伝送装置を提供することが出来る。

【0085】本願発明は、入力ダイナミックレンジの小さな光増幅部の入力ダイナミックレンジを拡大して、波長間利得差を小とできるという効果がある。すなわち伝送路の損失に応じて光増幅器への入力レベルや出力レベルを変化させることによって、例えば光増幅部への入力レベルが一定なるように制御できる。従って、当該光伝送路の損失が変化しても波長間利得差の発生が抑制でき、光増幅器の入力ダイナミックレンジを改善できる。

【0086】このため、本願発明の光増幅装置または光伝送装置を用いた光中継伝送システムにおいては、中継段数もしくは伝送距離／波長チャネル数を拡大できるといふ効果がある。

【0087】本願発明では、主信号と異なる波長の参照光の受信強度を測定し、この情報を元に光増幅器の動作制御を行うため、主信号波長数の増設や故障、光アッドドロップ機能などにより信号波長数が変化しても、制御動作への影響を抑圧できるという効果がある。

【0088】また光増幅機を用いた光中継機では信号光と異なる波長の監視光を備えることがほぼ標準化されているため、監視光と参照光を共用することにより装置の構成を単純化し、コストを低減する効果がある。

【0089】また参照光波長を光アンプの増幅帯域外に設定すれば、光アンプの雑音光や主信号の波長数の増減などの影響を受けにくくなり、精度が向上するという効果がある。

【0090】参照光を逆方向に伝送する場合や、受信した参照光の光強度を監視情報として送信側に通知する構成においては、光伝送装置／光中継機から見て主信号の下流側の光伝送路の損失がわかるため、この損失に合わせて光増幅器の出力光強度を低減できる。これによって、光ファイバ非線形性（自己位相変調効果、相互位相変調効果、四光波混合効果など）の影響により伝送品質

(10)

特開2000-312046

17

の劣化を抑制することができるという効果がある。

【0091】さらに参照光をコネクタ解放検出に使うことにより、装置構成を単純化し、コストを低減し、またコネクタ解放検出の精度を高めることができる。この結果不要な光出力がコネクタ端面から放出される可能性を低下し、装置使用者に対する安全性を向上することが可能となる。

【0092】また本発明の制御動作を、参照光上に有意な情報が伝送されている場合にのみ、もしくは装置設置時、障害回復時、外部からのコマンド送付時などに制限することによって参照光光源自体が故障した場合に誤動作を防ぎ、信頼性を高めることが可能となる。これは参照光光源などに異常が検出された場合に、制御動作を停止することによっても同じ効果が得られる。

【0093】また参照光の送信パワーを一定値に制御したり、参照光の出力強度情報を参照光の送信側から受信側に通知したり、もしくは参照光の受信強度情報を該参照光の受信側から送信側に通知することによって、光伝送路の損失の測定精度を高めることができ、より効果的に光増幅器の波長間利得偏差の発生を抑制することができ

【0094】

【発明の効果】本願発明によれば、ダイナミックレンジの大きな光伝送装置を提供することが出来る。更には、本願発明によれば、光多重通信においても伝送特性の良好な、わけても光出力の偏差の極めて小さな光伝送装置を提供することが出来る。

【0095】本願の別な発明によれば、入力ダイナミックレンジの大きな光増幅器を提供することが出来る。

【0096】更に、本願の別な発明によれば、光波長多重での入力においても特性の良好な、わけても光出力の偏差の極めて小さな光増幅器を提供することが出来る。

【0097】本願の更に別な発明によれば、光多重通信においてもダイナミックレンジの大きな光伝送システムを提供することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態を示す構成図である。

【図1】

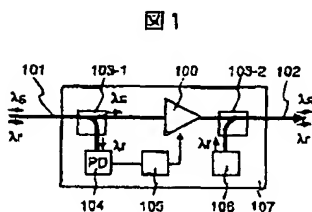


図1

【図2】

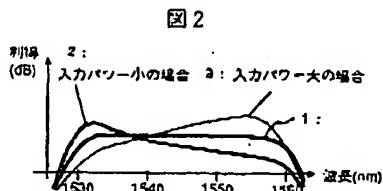


図2

【図4】

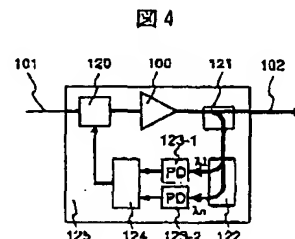


図4

18

【図2】光増幅器の利得スペクトルを示す図である。

【図3】波長多重光中継増幅伝送系における信号レベルの変化を示す図である。

【図4】従来の光増幅器の構成を示す構成図である。

【図5】本発明の第2の実施の形態を示す構成図である。

【図6】本発明の第3の実施の形態を示す構成図である。

【図7】本発明の第4の実施の形態を示す構成図である。

【図8】本発明の第5の実施の形態を示す構成図である。

【図9】本発明の第6の実施の形態を示す構成図である。

【図10】本発明の第7の実施の形態を示す構成図である。

【図11】本発明の第8の実施の形態を示す構成図である。

【図12】実施の形態に使用する制御回路の例を示す図である。

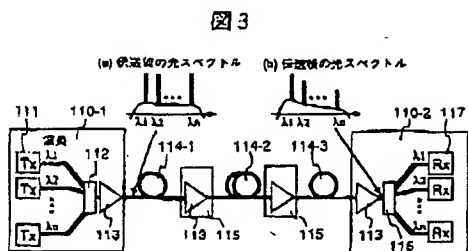
【符号の説明】

100...光増幅器、101...入力光ファイバ、102...出力光ファイバ、103...波長多重光カプラ、104...光検出器、105...制御回路、106...参照光光源、107...光中継機、108...光中継機の光出力部、109...光中継機の光入力部、110...光伝送端局装置、111...光送信器、112...光合波器、113...光増幅器、114...光ファイバ伝送路、115...光中継機、116...光分波器、117...光受信器、120...可変光減衰器、121...光カプラ、122...波長多重光カプラ、123...光検出器、124...制御回路、125...光中継機、130...可変光減衰器、131...光コネクタ、132...初段光増幅器、133...後段光増幅器、134...波長多重光カプラ、135...光検出器、136...一定強度制御回路、137...監視光/参照光受信器、138...監視光/参照光送信器、139...監視情報処理回路、140...光伝送端局装置、141...波長多重光伝送装置、142...光中継機、143...光送信機、144...光受信機、145...波長合分波器である。

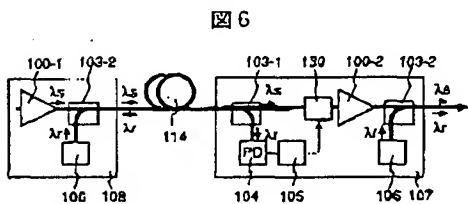
(11)

特開2000-312046

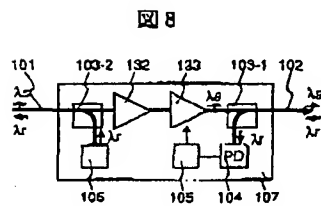
【図3】



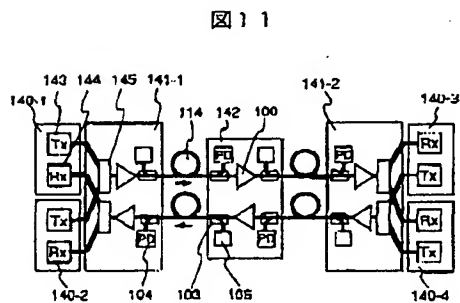
【図6】



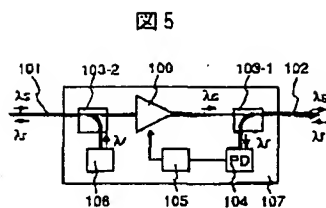
【図8】



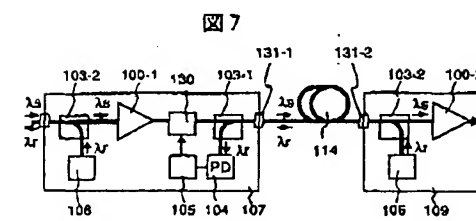
【図11】



【図5】

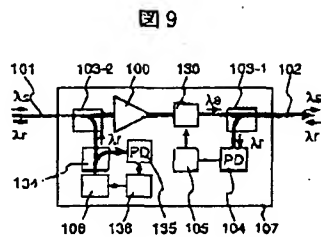


【図7】



【図10】

【図9】



【図12】

